

**Правительство Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный университет  
Математико-механический факультет**

Регистрационный номер  
рабочей программы учебной дисциплины:

<small>код года утвержде ни я</small>	/	<small>код факультета</small>	/	<small>порядковый номер учебной дисциплины</small>
---	---	-------------------------------	---	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Теоретическая кибернетика**

**основной образовательной программы высшего профессионального образования  
Прикладная математика и информатика**

подготовки по направлению **010101** **Математика**

по профилю

*Для всех профилей подготовки*

для получения квалификации (степени)

*специалист*

*Рабочая программа учебной дисциплины может использоваться при совпадении значения трудоёмкости в зачётных единицах в одной или нескольких основных и дополнительных образовательных программах, характеристики которых указываются на титульном листе*

<b>код дисциплины</b>	???	<b>по учебному плану</b>	????	<b>форма обучения</b>	очная.
<b>виды промежуточной аттестации:</b>		<b>Зачётов</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
				<b>Экзаменов</b>	<b>1</b>

*Рабочая программа учебной дисциплины может соответствовать одному или нескольким учебным планам образовательных программ, в том числе по различным формам обучения, в этом случае все соответствующие коды, виды и количество процедур промежуточной указываются на титульном листе*

**Трудоёмкость учебной дисциплины** 4 **зачётных единиц**

Санкт-Петербург  
2010

## *Структура рабочей программы учебной дисциплины*

### **Раздел 1. Характеристики, структура и содержание учебной дисциплины**

#### 1.1. Цели и результаты изучения дисциплины

Дисциплина «**Теоретическая кибернетика**» является одной из базовых дисциплин цикла (БЗ), формирующей подготовку специалиста в области математики.

Отдельные параметры курса могут варьироваться по степени сложности в зависимости от начальной подготовки студентов.

Основным методологическим принципом построения программы курса, является принцип поэтапного системного накопления знаний и формирования необходимых компетенций по модели: от простого и/или знакомого - к сложному и/или незнакомому, а основной методологической стратегией прохождения отдельных разделов программы является ступенчатость и цикличность, предусматривающие постепенный возврат к ранее усвоенному материалу на более высоком языковом и концептуальном уровне.

Цель изучения дисциплины: обучение студентов методам кибернетики с фокусом на математической теории оптимального управления, подготовка к восприятию специальных дисциплин, развитие у студентов доказательного, логического мышления; знакомство с различными подходами теоретической кибернетики и методикой применения общематематических дисциплин в естествознании, технике, экономике и управлении, подготовка к самостоятельному решению прикладных задач.

#### 1.2. Язык(и) обучения

русский язык

#### 1.3. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебной дисциплины (прerequisites)

Программа курса адресована студентам **4 года обучения** и предполагает знание основ алгебры, математического и функционального анализа, а также теории дифференциальных уравнений.

Максимальная эффективность программы будет обеспечена при условии, что студент:

- Владеет основами алгебры.
- Владеет основами математического и функционального анализа.
- Владеет основами теории дифференциальных уравнений.

#### 1.4. Перечень компетенций, формируемых при изучении дисциплины (с указанием кодов):

ОК-4 - владение основами методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени

ПК-19 - знание и умение использовать основные разделы теоретической кибернетики с упором на развитые в ней методы оптимизации

Основной целью курса является овладение теоретическими основами кибернетики, а именно:

- знание содержания дисциплины "**теоретическая кибернетика**" и представление о возможностях и методике применения материала курса в различных областях науки и техники;
- Способность дальнейшего освоения методов кибернетики и общая ориентация в их многообразии.

1.5. Знания, умения, навыки, осваиваемые студентами при изучении дисциплины  
Построение адекватных математических моделей кибернетических систем и применение для их исследования методов теоретической кибернетики с упором на методы оптимизации.

#### 1.6. Перечень и объём активных форм учебной работы по дисциплине

Аудиторная учебная работа: теоретические занятия в объеме 2 часов в неделю, практические занятия в объеме 2 часов в неделю, текущее тестирование, комплексное тестирование (зачет и экзамен) в конце семестра.

Самостоятельная работа:

а) без участия преподавателя (индивидуальная работа с доступными информационными и образовательными ресурсами, имеющимися в библиотеке, в открытом доступе в сети Интернет и локальной сети Университета) с целью преодоления индивидуальных трудностей в освоении отдельных разделов курса, а также удовлетворения личных познавательных потребностей.

#### 1.7. Организация изучения дисциплины, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

При заполнении раздела 1.7 рекомендуется указывать распределение трудоёмкости и объёмов учебной работы, а также рекомендуемые границы наполняемости учебных групп по модулям и видам учебной работы в форме таблицы:

##### Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся

Код модуля	Аудиторная учебная работа обучающихся							Самостоятельная работа			работы Объём активных форм учебной работы	Трудоёмкость
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	без участия преподавателя		
<i>по формам обучения</i>												
Модуль I	64									25	10	4 зачётных единиц
	60									60		
ИТОГО:	64									25		4

При заполнении раздела 1.7 рекомендуется указывать виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по модулям и видам учебной работы в форме таблицы:

##### Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Код модуля	Период по учебному графику	Промежуточная аттестация		Всего зачётов и экзаменов	Текущий контроль	
		Виды	Сроки		Формы	Сроки
<i>по формам обучения</i>						
Б 3	4 семестр	экзамен		1		
Б 3	4 семестр	зачет		1		

#### 1.8. Структура и содержание учебной дисциплины

Курс обучения состоит из одного модуля:

## 1. Теоретическая кибернетика

**Цель данного этапа обучения:** см. пункты 1.4., 1.5

**Знания и умения по завершении профессионально-ориентированного модуля:**  
см. пункты 1.4., 1.5

### Темы для изучения и обсуждения

- Понятие кибернетики и кибернетического подхода. Место кибернетики в системе научного знания.
- Основные разделы кибернетики и их краткая характеристика.
- Пример задачи оптимального управления: задача оптимального успокоения гармонического осциллятора, ее решение, понятие обратной связи, оптимальной программы и оптимального регулятора.
- Общая постановка задачи оптимального управления системой, описываемой обыкновенным дифференциальным уравнением.
- Классический метод вариаций и проблемы, связанные с его применением к задачам оптимального управления.
- Задача А.А. Ляпунова, необходимые условия экстремума, эффект А.А. Ляпунова, идея адаптации метода вариаций к задачам оптимального управления.
- Постановка абстрактной задачи оптимального управления и связанные с ней понятия
- Пучки кривых (вариаций), типы пучков, примеры (классические вариации, анизотропные вариации, игольчатые вариации).
- Дифференцирование по пучкам кривых.
- Теорема о неявной функции в банаховых пространствах.
- Множители Лагранжа, Лагранжиан и абстрактное сопряженное уравнение для абстрактной задачи оптимального управления
- Теорема о лагранжевой форме представления приращения функционала качества
- Необходимые условия экстремума в абстрактной задаче оптимального управления
- Принцип максимума Понтрягина как следствие необходимых условий экстремума в абстрактной задаче оптимального управления.
- Аналог принципа максимума Понтрягина для системы, описываемой интегральным уравнением.
- Примеры построения моделей задач оптимального управления и их решения с помощью принципа максимума.
- Принцип максимума Понтрягина и вариационное исчисление (условия Вейерштрасса-Эрдмана, условие Лежандра, условие Вейерштрасса и уравнение Эйлера как следствия принципа максимума)
- Общая постановка задачи оптимального управления с дискретной моделью времени и связанные с ней понятия.
- Функция Беллмана и принципы динамического программирования.
- Метод динамического программирования, уравнение динамического программирования
- Связь между разрешимостью задачи оптимального управления и разрешимостью уравнения динамического программирования: случай конечного и бесконечного интервалов времени.
- Решение задачи оптимального управления с помощью уравнения динамического программирования.
- Недостатки метода динамического программирования.
- Псевдообратный оператор, его свойства, задача о частичной минимизации квадратичного

функционала.

- Линейно-квадратичная задача оптимального управления на конечном интервале времени, матричное уравнение Риккати,
- Стационарная линейно-квадратичная задача оптимального управления на бесконечном интервале времени, алгебраическое уравнение Лурье-Риккати, частотные методы анализа и решения.
- Байесовское оценивание: оптимальные среднеквадратичные оценки, условное среднее, гауссов случай, оптимальные линейные среднеквадратичные оценки.
- Оптимальная фильтрация: фильтр Калмана.
- Фильтр Калмана: теория стационарного состояния.

**Формы контроля:** Итоговый контроль (в конце семестра) - беседа по пройденным темам, решение задачи (выбор и применение соответствующего метода курса)

### **Итоговый контроль**

1. Зачет: тест на понимание и владение методами курса
2. Сдача экзамена на понимание теории из курса лекций
3. Самостоятельное выполнение заданий по разделам курса лекций

## **Раздел 2. Обеспечение учебной дисциплины**

### **2.1. Методическое обеспечение учебной дисциплины**

#### **2.1.1. Методическое обеспечение аудиторной работы**

Методические материалы включают в себя следующие типы материалов — учебники, электронные учебные пособия, с опорой на которые проводится аудиторная работа.

#### **2.1.2. Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студента, как вид деятельности, стимулирующий активность, самостоятельность, познавательный интерес с целью поиска необходимой информации, приобретения знаний, использования этих знаний для решения учебных, научных и профессиональных задач, представляет собой важную составляющую учебного процесса, которой отводится не менее половины учебного времени при очной форме обучения. Время, отводимое на самостоятельную работу, должно использоваться студентами для наиболее полного освоения учебной дисциплины. Следовательно, организация эффективной внеаудиторной самостоятельной работы в процессе обучения требует, с одной стороны, создание условий, призванных обеспечить рациональное и планомерное управление учебной деятельностью, протекающей в отсутствие преподавателя, и тщательной подготовки целого ряда учебных пособий, снабженных методическими указаниями, с другой стороны.

#### **К числу методических пособий относятся:**

- общие методические рекомендации и указания по самостоятельной работе;
- фонд контрольных заданий и тестов для самоконтроля, которые позволяют оценить уровень знаний, навыков и умений студентов согласно требованиям курса,

государственным стандартам и европейским компетенциям.

### **Роль преподавателя в организации самостоятельной работы**

Роль преподавателя в организации самостоятельной работы состоит в координации действий обучающихся в освоении дисциплины, в методическом и организационном обеспечении учебного процесса. Взаимодействие между преподавателем и студентом осуществляется в форме консультаций. Преподаватели также оказывают помощь студентам по планированию и организации самостоятельной работы.

### **Контроль за самостоятельной работой**

Контроль за самостоятельной работой может осуществляться в форме коротких опросов и тестов, углубленных вопросов по темам занятий, дополнительных вопросов, консультаций и т.д.

- 2.1.3. Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (контрольно-измерительные материалы)

Аппарат контроля за усвоением материала включает в себя задания, контрольные вопросы, необходимые для эффективного контроля за усвоением учебного материала.

## 2.4. Информационное обеспечение учебной дисциплины

### 2.4.1. Список обязательной литературы

1. А.С. Матвеев и В.А. Якубович, Оптимальные системы управления: Обыкновенные дифференциальные уравнения. Специальные задачи, Изд-во СПбГУ, 2003
2. А.С. Матвеев. Методические указания по курсу “Теоретическая кибернетика”, Изд-во СПбГУ, 1994

### 2.4.2. Список дополнительной литературы

1. А.С. Матвеев и В.А. Якубович, Абстрактная теория оптимального управления, Изд-во СПбГУ, 1994
2. Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко, Математическая теория оптимальных процессов. Физматгиз, 1961
3. У. Эшби, Введение в кибернетику, 2009
4. Литература, одобренная Методической комиссией вуза.

### 2.4.3. Перечень иных информационных источников

Ресурсы сети Интернет: <http://www.tklab.ru/>

## **Раздел 3. Процедура разработки и утверждение рабочей программы учебной дисциплины**

Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Якубович В.А. Матвеев А.С.	д.ф-м.н д.ф-м.н	проф доц.	Профессор, зав. кафедрой Профессор	+7 (812)4284148 <a href="mailto:almat1712@yahoo.com">almat1712@yahoo.com</a>

В соответствии с порядком организации внутренней и внешней экспертизы образовательных программ, установленных приказом первого проректора по учебной работе от 18.02.2009 № 195/1, проведена двухуровневая экспертиза:

первый уровень (оценка качества содержания программы и применяемых педагогических технологий)		
Наименование кафедры	Дата заседания	№ протокола
Кафедра прикладной кибернетики		
второй уровень (соответствие целям подготовки и учебному плану образовательной программы)		
Экспертиза второго уровня выполнена в порядке, установленном приказом		
<i>должностное лицо</i>	<i>дата приказа 29.06.09 г.</i>	<i>№ приказа 103</i>
Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа
Бурова И.Г.		

#### Иные документы об оценке качества рабочей программы учебной дисциплины

Документ об оценке качества	Дата документа	№ документа

#### Утверждение рабочей программы учебной дисциплины

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

#### Внесение изменений в рабочую программу учебной дисциплины

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа